

(19)日本国特許庁 (JP)

(12) 公開特許公報 (A)

(11)特許出願公開番号

特開2001-226730

(P2001-226730A)

(43)公開日 平成13年8月21日 (2001.8.21)

(51)Int.Cl.
C 22 C 21/00
F 28 F 1/12
21/08

識別記号

F I
C 22 C 21/00
F 28 F 1/12
21/08

テマコード(参考)
J
G
A

審査請求 未請求 請求項の数4 OL (全8頁)

(21)出願番号 特願2000-372060(P2000-372060)
(22)出願日 平成12年12月6日 (2000.12.6)
(31)優先権主張番号 特願平11-346970
(32)優先日 平成11年12月6日 (1999.12.6)
(33)優先権主張国 日本 (JP)

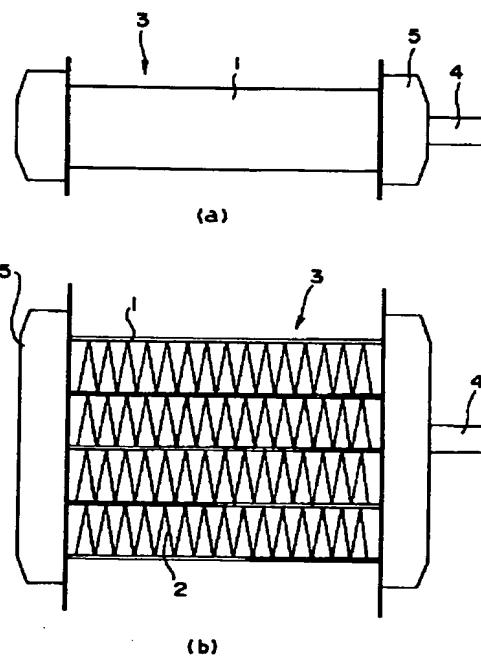
(71)出願人 592260310
神鋼アルコア輸送機材株式会社
東京都品川区北品川5丁目9番12号
(71)出願人 000001199
株式会社神戸製鋼所
兵庫県神戸市中央区臨浜町1丁目3番18号
(72)発明者 鶴野 招弘
栃木県真岡市鬼怒ヶ丘15番地 株式会社神戸製鋼所真岡製造所内
(74)代理人 100090158
弁理士 藤巻 正憲

(54)【発明の名称】 アルミニウム合金フィン材

(57)【要約】

【課題】 厚さ0.1mm以下のアルミニウム合金製フィン材において、疲労寿命を飛躍的に向上させることができ、疲労特性が優れたアルミニウム合金フィン材を提供する。

【解決手段】 板厚が0.1mm以下のアルミニウム合金フィン材に析出している金属間化合物のうち90%以上はその金属間化合物サイズが最大値で5μm以下である。



【特許請求の範囲】

【請求項1】板厚が0.1mm以下のアルミニウム合金フィン材において、90%以上の金属間化合物はそのサイズが最大値で5μm以下であることを特徴とするアルミニウム合金フィン材。

【請求項2】Si:0.05乃至1.5質量%、Fe:0.05乃至3.0質量%及びMn:0.05乃至1.5質量%を含有し、更にCu:0.05乃至0.3質量%及びNi:0.05乃至1.0質量%からなる群から選択された少なくとも1種の元素を含有し、残部が不可避的不純物及びA1からなる組成を有することを特徴とする請求項1に記載のアルミニウム合金フィン材。

【請求項3】Si:0.05乃至1.5質量%、Fe:0.05乃至3.0、Mn:0.05乃至1.5質量%及びZr:0.05乃至0.2質量%を含有し、更に、Cu:0.05乃至0.3質量%及びNi:0.05乃至1.0質量%からなる群から選択された少なくとも1種の元素を含有し、残部が不可避的不純物及びA1からなる組成を有することを特徴とする請求項1に記載のアルミニウム合金フィン材。

【請求項4】Zn:0.5乃至3.0質量%を含有することを特徴とする請求項2又は3に記載のアルミニウム合金フィン材。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】本発明は、板厚が0.1mm以下のアルミニウム合金フィン材に関し、特に、ろう付によって自動車用の熱交換器であるラジエータ、ヒータ、コンデンサ及びエバボレータ等のフィンとして使用される疲労特性に優れたアルミニウム合金フィン材に関する。

【0002】

【従来の技術】自動車用の熱交換器、例えばラジエータは、アルミニウム合金製の扁平チューブとコルゲート成形されたフィン材とを交互に重ね合わせ、一体ろう付することにより製造される。

【0003】近時、地球環境保護の観点から熱交換器も軽量及び小型化し、その材料においても薄肉化が進んでおり、アルミニウム又はアルミニウム合金（以下、アルミニウム合金という。）からなるフィン材は板厚が0.1mm以下となっている。

【0004】

【発明が解決しようとする課題】しかしながら、材料の薄肉化が進み、アルミニウム合金フィン材の厚さが0.1mm以下になると、フィン材が疲労破壊しやすくなり、疲労寿命が短いという問題点が生じてきた。

【0005】本発明はかかる問題点に鑑みてなされたものであって、厚さ0.1mm以下のアルミニウム合金製フィン材において、疲労寿命を飛躍的に向上させることができ、疲労特性が優れたアルミニウム合金フィン材を

提供することを目的とする。

【0006】

【課題を解決するための手段】本発明に係るアルミニウム合金フィン材は、板厚が0.1mm以下のアルミニウム合金フィン材において、90%以上の金属間化合物はそのサイズが最大値で5μm以下であることを特徴とする。

【0007】また、Si:0.05乃至1.5質量%、Fe:0.05乃至3.0質量%及びMn:0.05乃至1.5質量%を含有し、更にCu:0.05乃至0.3質量%及びNi:0.05乃至1.0質量%からなる群から選択された少なくとも1種の元素を含有し、残部が不可避的不純物及びA1からなる組成を有してもよい。

【0008】更に、Si:0.05乃至1.5質量%、Fe:0.05乃至3.0、Mn:0.05乃至1.5質量%及びZr:0.05乃至0.2質量%を含有し、更に、Cu:0.05乃至0.3質量%及びNi:0.05乃至1.0質量%からなる群から選択された少なくとも1種の元素を含有し、残部が不可避的不純物及びA1からなる組成を有してもよい。

【0009】更にまた、Zn:0.5乃至3.0質量%を含有してもよい。

【0010】

【発明の実施の形態】以下、本発明のアルミニウム合金フィン材について詳細に説明する。本願発明者等は上述の課題を解決すべく銳意実験研究した結果、フィン材が板厚0.1mm以下に薄くなると、フィン材の内部の金属間化合物のサイズがフィン材の疲労寿命に大きく影響を与えることを見出した。

【0011】従来、アルミニウム合金フィン材は、板厚が約300乃至500mm、幅が約1000乃至1500mm、長さが約5000mmのスラブを鋳造し、この厚板スラブを熱間圧延して薄肉化することにより製造されている。このようにして製造されたアルミニウム合金フィン材には、スラブの鋳造時にアルミニウム合金に含まれるFe、Si及びNi等とアルミニウムとからなる金属間化合物が析出し、そのサイズは5μm以上が一般的である。フィン材の厚さが0.1mmより厚い場合には、そのフィン材の疲労強度は、その静的強度の強さにより確認してきた。即ち、板厚が厚い場合には、フィン材に析出している金属間化合物のサイズは問題にはならなかった。しかしながら、板厚が0.1mm以下となり、薄くなると、板厚に対する金属間化合物サイズの占める割合が大きくなるため、金属間化合物サイズがアルミニウム合金板の疲労強度に影響を及ぼすことが判明した。即ち、このような金属間化合物が疲労破壊の起点となって、疲労破壊しやすくなり疲労寿命が低下する。

【0012】そして、本願発明者等が種々実験研究した結果、フィン材に含まれている金属間化合物のサイズを

$5 \mu\text{m}$ 以下とすることにより、疲労特性を増大させることができることを見出した。

【0013】アルミニウム合金を鋳造すると、鋳造時にアルミニウム合金に含まれるSi、Fe及びNi等とアルミニウムとからなる金属間化合物が析出するが、このような金属間化合物のサイズは鋳造時の冷却速度に大きく影響される。更に、鋳造時に析出する金属間化合物は、その後の熱間圧延では成長せず、また、新たに析出することもなく、従って、金属間化合物のサイズはスラブと圧延後の板厚 0.1 mm 以下のフィン材とでは変化がない。また、金属間化合物の粒径分布は比較的小さく、一様なサイズに収束した値である。このため、金属間化合物のサイズはアルミニウム合金スラブの鋳造時の冷却速度を調節（速く）することにより、制御することができる。この冷却速度を速くするためにには、鋳造機における冷却水の流量を増大させてよいし、鋳造スラブの板厚を薄くする等して鋳造時の冷却速度を速くしてもよく、その他種々の方法が考えられる。いずれにしても、スラブの段階で析出している金属間化合物のサイズを小さくしておくことが好ましい。

【0014】以上のようにして、本願発明者等は、この金属間化合物のサイズを小さく規制することにより、板厚 0.1 mm 以下のアルミニウム合金フィン材の疲労寿命を飛躍的に向上させることができることを知見し、本発明を完成したものである。

【0015】以下、本発明のアルミニウム合金フィン材についての数値限定理由について説明する。

【0016】金属間化合物サイズ：最大値 $5 \mu\text{m}$ 以下
アルミニウム合金からなるフィン材が 0.1 mm 以下と薄い場合、アルミニウム合金中に析出している金属間化合物サイズが $5 \mu\text{m}$ 以上になると、フィン材の板厚に対してこれらの金属間化合物サイズが占める割合が大きくなる。このような大きな金属間化合物は、疲労破壊の起点となるため、アルミニウム合金フィン材は疲労破壊しやすくなり、疲労寿命が低下する。従って、金属間化合物サイズは $5 \mu\text{m}$ 以下とする。なお、突発的に生じた大粒径の金属間化合物は、それが金属間化合物全体の10%未満であれば疲労寿命に大きな影響を与えない。従って、本発明においては、アルミニウム合金フィン材に析出している金属間化合物のうち、90%以上の金属間化合物のサイズが最大値で $5 \mu\text{m}$ 以下とする。なお、金属間化合物の組成は、アルミニウム合金の組成により変わるが、疲労寿命の金属間化合物の組成による影響は少ない。なお、鋳造スラブの板厚を薄くすることにより鋳造時の冷却速度を速くした場合は、金属間化合物のサイズのバラツキは小さく、殆どの金属間化合物サイズが最大値 $5 \mu\text{m}$ 以下となる。

【0017】Si： 0.05 乃至 1.5 質量%

アルミニウム合金にSiを添加すると、アルミニウム合金を固溶強化させ、疲労寿命も向上させる。しかしながら

ら、 0.05 質量%より少ないとその効果が十分ではない。一方、 1.5 質量%より多く添加すると、フィンのろう付け加熱時にろう材による浸食が大きくなり、ろう付け性が低下する。従って、Siの含有量は 0.05 乃至 1.5 質量%とすることが好ましい。

【0018】Fe： 0.05 乃至 3.0 質量%

アルミニウム合金にFeを添加すると、Feの一部が固溶強化に寄与し、また、残部は金属間化合物として存在することにより分散強化に寄与する。従って、Feを添加するとアルミニウム合金の強度を向上させ、疲労寿命も向上させる。しかしながら、 0.05 質量%より少ないとその効果が十分ではない。一方、 3.0 質量%より多く添加すると、フィン材をフィンに加工する際の加工性を低下させるため好ましくない。従って、Feの含有量は 0.05 乃至 3.0 質量%とすることが好ましい。

【0019】Mn： 0.05 乃至 1.5 質量%

アルミニウム合金にMnを添加すると、Siと同様、アルミニウム合金を固溶強化させ、疲労寿命を向上させる。しかしながら、 0.05 質量%より少ないと、その効果は十分ではない。一方、 1.5 質量%より多い添加量であると、フィン材をフィンに加工する加工性を低下させるため好ましくない。従って、Mnの含有量は 0.05 乃至 1.5 質量%とすることが好ましい。

【0020】Cu： 0.05 乃至 0.3 質量%

アルミニウム合金にCuを添加すると、Si及びMnと同様、アルミニウム合金を固溶強化させ、疲労寿命を向上させる。しかしながら、 0.05 質量%より少ないと、その効果は十分ではない。一方、他の元素と比較してCuはアルミニウム合金の自然電位を貴にする効果が大きいため、 0.3 質量%より多い添加量であると、Cuを添加したアルミニウム合金の自然電位が大きく貴に移行するため、フィンの犠牲陽極作用を阻害する。従って、Cuの含有量は 0.05 乃至 0.3 質量%とすることが好ましい。

【0021】Ni： 0.05 乃至 1.0 質量%

アルミニウム合金にNiを添加すると、Feと同様、その一部が固溶強化に寄与し、また、残部は金属間化合物として存在することにより分散強化に寄与する。従って、Niの添加によりアルミニウム合金の強度を向上させ、疲労寿命を向上させる。しかしながら、 0.05 質量%より少ないとその効果が十分ではない。一方、 1.0 質量%より多い添加量であると、フィンの加工性を低下させるため好ましくない。従って、Niの含有量は 0.05 乃至 1.0 質量%とすることが好ましい。

【0022】Zr： 0.05 乃至 0.2 質量%

Zrは、アルミニウム合金に添加すると、ろう付け時の再結晶粒を粗大化させる効果を有し、フィンのろう材に

による浸食を抑制してろう付性を向上させる。しかしながら0.05質量%より少ない添加量であるとその効果は十分ではない。一方、0.2質量%より多く添加してもその効果は変わらないため不経済である。従って、Znの含有量は0.05乃至0.2質量%とすることが好ましい。

【0023】Zn: 0.5乃至3.0質量%

アルミニウム合金にZnを添加すると、ZnはCuを添加した場合とは逆にアルミ材の自然電位を卑にする効果を有するため、フィンの犠牲陽極効果を向上させる。しかしながら、0.05質量%より少ない添加量であると、その効果が十分ではない。一方、3.0質量%より多い添加量であると、アルミニウム合金の自己腐食が大きくなり、消耗速度が速くなる。また、フィンの加工性を低下させるため好ましくない。従って、Znの含有量は0.5乃至3.0質量%とすることが好ましい。

【0024】なお、本発明のアルミニウム合金フィン材は、ペア材及びブレージングシートフィン材の芯材として使用することもできる。ブレージングシートフィン材の芯材として使用する場合、ろう材は従来から使用されているAl-Si、Al-Si-Mg(Bi)系のろう材を使用することができる。更に、ろう付方法として真空ろう付を適用する場合、上述のろう材の組成に加えて、Mgを添加することにより強度を向上することができる。この際のMgの添加量は0.5乃至2.0質量%とする。0.5質量%より少ない添加量であると真空ろう付中にMgがフィン材から蒸発し、その効果が小さくなる。一方、2.0質量%より多い添加量であると、Mgの蒸発量が多く、真空炉のメンテナンス回数が多くなりコストアップとなる。

【0025】

【実施例】以下、本発明の範囲内にあるアルミニウム合金フィン材（以下、フィン材という）の実施例について、その特性を比較例と比較して具体的に説明する。

【0026】第1実施例

先ず、下記表1及び表2に示す組成及び金属間化合物サイズを有するフィン材を作製した。なお、表1に示す実施例1及び比較例3は、いずれもJIS 1070A1合金であって、その金属間化合物サイズを変えたものであり、実施例2及び比較例4は、いずれもJIS 3003A1合金であって、その金属間化合物サイズを変えたものである。板厚は、0.08mm、H14調質とした。金属間化合物サイズはミクロ顕微鏡を使用して測定した。なお、上述したように、フィン材に析出している金属間化合物サイズの粒径分布は比較的小さい。表2に

示すサイズは測定した金属間化合物サイズの最大値である。

【0027】次に、これらのフィン材を使用して、コアを非腐食性フラックスろう付により作製した。図1はコアを示す図であって、(a)は上面図、(b)は正面図である。図1(a)に示すように、アルミニウム合金製伝熱管1は、内部に液体冷媒が直流し、空気の流動抵抗を減少させ、且つ熱交換器をコンパクトするために扁平管（flattened tube）として成形されている。そして、コルゲートフィン(corrugate fin)2は、フィン材をコルゲート状に成形したものであり、このコルゲートフィン2と伝熱管1とを交互に重ね合わせ、相互にろう付け接合することによりコア3に組み立てた。そして、図1(b)に示すように、このようにして組み立てたコア3を加圧用パイプ4を設けたタンク5の間に配置した。

【0028】扁平伝熱管1はJIS 3003A1合金を芯材として外側にJIS 4045ろう材を、内面側にJIS 7072犠牲皮材を夫々10%クラッドした板厚0.3mmの電縫管である。タンク5はJIS 3003を芯材として、その両面にJIS 4045ろう材を10%クラッドしたシート材であって、板厚が1.0mmのものをプレス成形することにより得た。フラックスは市販の非腐食性フラックスを使用し、塗布量は3g/m²とした。ろう付加熱は、酸素濃度が100ppmの雰囲気中において595°Cの温度に加熱し、コア3の温度を595°Cに加熱した状態で3分間保持した。これらのコア3について、室温にて繰り返し加圧疲労試験を行い、疲労特性をフィンの破断回数によって評価した。繰り返し加圧疲労試験条件は加圧5kg/cm²、5秒と、脱圧0kg/cm²、5秒とを繰り返した。

【0029】また、フィンの加工性を板の端部耳割れ状況により判断した。そして、耳割れが10mm以下のものを○、10mm以上のものを×として評価した。更に、フィンのろう付性をフィンとチューブとの接合部において、フィンのエロージョン幅が30μm未満と良好なろう付性を有するものを○、フィンのエロージョン幅が30乃至40μmで通常使用する場合の許容範囲内であるものを○、フィンのエロージョン幅の平均値が40μmを超えて顕著なエロージョンが発生しているものを×として評価した。下記表2に繰り返し加圧疲労試験の結果、フィンの加工性及びろう付性の評価を示す。

【0030】

【表1】

	No.									
		Si	Fe	Cu	Mn	Mg	Zn	Zr	Ni	Ti
実施例	1	0.2	0.25	0.03	0.02	0.02	0.04	0.00	0.00	0.03
	2	0.55	0.65	0.10	1.20	0.00	0.1	0.00	0.00	0.02
比較例	3	0.2	0.25	0.03	0.02	0.02	0.04	0.00	0.00	0.03
	4	0.55	0.65	0.10	1.20	0.00	0.1	0.00	0.00	0.02

【0031】

* * 【表2】

	No.	金属間化合物 サイズ (μm)	フィン破断までの 繰り返し回数 (万回)	加工性	ろう付性
実施例	1	2.5	9.5	○	○
	2	3.0	11.5	○	○
比較例	3	9.0	4.0	○	○
	4	10.0	5.0	○	○

【0032】表2に示すように、実施例1及び2並びに比較例3及び4のいずれも良好な加工性及びろう付性を示したが、比較例3及び4は、金属間化合物サイズが本発明範囲を超えており、フィン破断までの繰り返し回数が少なく、疲労寿命が短い。

【0033】第2実施例

第1実施例と同様に、下記表3に示す組成及び金属間化合物サイズを有するフィン材を作製した。板厚は、0.08mm、H14調質とした。金属間化合物サイズはミクロ顕微鏡を使用して測定した。

【0034】そして、第1実施例と同様にコアを作製し、フィン破断までの繰り返し回数、加工性、及びろう

付性を第1実施例と同様の方法で評価した。更に、フォンの防食性は、コア3についてCASS試験を実施し、チューブ材（扁平伝熱管）の貫通腐食までに要した時間を測定した。

【0035】なお、比較例22乃至25については、コアを作成する際の加工性不良のため、繰り返し加圧疲労試験をすることができなかった。また、比較例21乃至25については、加工不良又はろう付不良のため、耐食性の評価を行わなかった。

【0036】

【表3】

No.	実施例	化学成分(質量%)							金属間化合物サイズ (μm)
		Si	Fe	Mn	Cu	Ni	Zr	Zn	
5	実施例	0.20	0.60	1.00	-	-	-	-	3.0
6		0.20	0.60	1.00	0.10	-	-	-	3.5
7		0.20	0.60	1.00	0.10	0.50	-	-	4.5
8		0.20	0.60	1.00	0.10	0.50	-	1.50	4.5
9		0.05	0.05	1.50	0.20	-	-	-	2.5
10		1.50	3.00	0.05	0.05	0.50	-	1.50	3.0
11		0.20	0.60	1.00	0.10	-	0.05	-	3.0
12		0.50	1.50	0.05	0.10	0.50	0.20	-	3.5
13		0.20	0.60	1.00	0.10	-	0.10	1.50	3.5
14		0.10	0.20	0.10	0.10	0.10	0.10	0.60	2.5
15	比較例	1.50	3.00	1.50	0.20	1.00	0.20	3.00	4.5
16		0.20	0.60	1.00	-	-	-	-	7.0
17		0.20	0.60	1.00	-	-	-	-	10.0
18		0.20	0.60	1.00	0.10	0.50	-	-	12.0
19		0.50	1.50	0.05	0.10	0.50	0.10	-	15.0
20		0.20	0.60	1.00	0.10	0.50	0.10	1.50	14.0
21		3.00	0.60	1.00	0.10	0.50	-	1.50	10
22		0.50	4.00	1.00	0.20	0.50	0.10	-	15
23		0.20	0.60	2.00	0.20	0.50	-	1.50	15
24		0.20	0.60	1.00	0.10	2.00	0.10	-	14
25		0.20	0.60	1.00	0.10	0.50	-	5.00	12

【0037】

【表4】

	No.	フィン破断までの繰り返し回数 (万回)	加工性	ろう付性	耐食性 (時間)
実施例	5	11.0	○	○	300
	6	12.0	○	○	300
	7	13.5	○	○	300
	8	13.5	○	○	700
	9	14.0	○	○	300
	10	15.0	○	○	700
	11	12.0	○	◎	300
	12	14.0	○	◎	500
	13	12.0	○	◎	700
	14	10.0	○	◎	600
比較例	15	14.5	○	◎	900
	16	5.5	○	○	300
	17	4.5	○	○	300
	18	5.5	○	○	300
	19	4.5	○	○	300
	20	4.0	○	○	700
	21	-	○	×	-
	22	-	×	-	-
	23	-	×	-	-
	24	-	×	-	-
	25	-	×	-	-

【0038】表3及び表4に示すように、実施例5乃至15は、金属間化合物及びSi、Fe、Mn、Cu、Ni、Zr及びZn（以下、金属元素という）の含有量が本発明範囲であるため、比較例に対しその疲労寿命が飛躍的に長くなつており、優れた疲労特性を示した。また、特に実施例8、10、13及び15は、極めて優れた耐食性を示した。更に、実施例1乃至15のZrを含有するものは、ろう付性が優れていた。

【0039】比較例16は、アルミニウム合金の金属元素含有量は実施例1と同様であるが、金属間化合物サイズが実施例1の2倍以上のサイズであり、本発明範囲を超えるため、フィン破断までの繰り返し回数が実施例1の1/2に減少した。

【0040】比較例17は、金属間化合物サイズが本発明範囲を超えて、比較例1より更に大きいため、フィン破断までの繰り返し回数が更に減少した。

【0041】比較例18は、比較例1及び比較例2の組成にCu及びNiを添加したため、疲労寿命は若干改善したが、金属間化合物サイズが本発明範囲を超えるため、フィン破断までの繰り返し回数は少ない。

【0042】比較例19及び比較例20は、更に疲労特性を改善するため夫々Zr及びZr、Znを添加しているが、金属間化合物サイズが本発明範囲を大きく超えるため、フィン破断までの繰り返し回数は極めて少なく、疲労寿命が短い。

【0043】比較例21は、Si含有量が、本発明範囲の上限を超えるため、コアのろう付不良（ろう材による浸食）が発生し、正常なコアを得ることができなかつた。

【0044】比較例22はFe含有量が、比較例23はMn含有量が、比較例24はNi含有量が、また、比較例25はZn含有量が本発明範囲の上限を超えるため、フィンの加工不良により正常なコアを得ることができなかつた。

【0045】

【発明の効果】以上詳述したように、本発明によれば、板厚0.1mm以下のアルミニウム又はアルミニウム合金からなるフィン材の金属間化合物サイズが最大値で5μm以下とすることにより、疲労破壊を防止し、疲労特性が優れたアルミニウム合金フィン材を得ることができ

る。また、Si、Fe、Mn、Cu、Ni、Zr及びZnの含有量を適切なものとすることにより、アルミニウム合金フィン材の疲労特性を更に一層高めることができ

る。

【図面の簡単な説明】

【図1】コアを示す図であって、(a)は上面図、
(b)は正面図である。

* 【符号の説明】

- 1；伝熱管
- 2；コルゲートフィン
- 3；コア
- 4；加圧用パイプ
- 5；タンク

*

【図1】

